

基于物元分析的小流域土地利用 结构调整及景观格局变化

陈俊华^{1,2}, 慕长龙^{2,*}, 陈秀明², 向成华², 罗成荣², 韩华柏², 陈国先³, 杜亚军³

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081;

3. 西华大学, 四川 成都 611744)

摘要: 将土地利用的适宜度、适宜度评价指标及其特征值作为物元, 由实测资料和专家系统综合得到模型的经典域、节域、权重及关联度, 建立起土地利用适宜性评价的物元分析模型, 将模型应用于四川省阆中市岳家沟小流域土地利用结构调整中。结果表明, 经调整后, 该区的农林牧比例趋于合理, 土地的经济效益指数、生态效益指数分别由原来的 1529.80、1460.94 提升到 1719.99、1758.21。此外, 调整后, 景观格局发生变化: 景观多样性指数 (H) 和景观均匀度指数 (E) 分别由调整前的 1.3028 和 0.6108 增加到调整后的 2.0920 和 0.8463, 分别增加了 60.58% 和 38.56%, 最大多样性指数上升了 18.33%。而景观优势度和蔓延度指数则由调整前的 0.6431 和 0.7467 减少到调整后的 0.2106 和 0.7125。说明景观斑块的空间分布趋于均匀, 斑块的聚集状况分散化。实例证明, 在小流域土地利用结构调整中, 物元分析方法能克服土地适宜性评价过程中人为因素的影响, 提高评价的精度, 而且能落实到山头、地块, 具有较强的可操作性。

关键词: 物元分析; 土地利用; 结构调整; 景观格局; 地理信息系统; 小流域

文章编号: 1000-0933(2006)07-2093-08 中图分类号: Q149 文献标识码: A

Structure regulation on land uses and landscape pattern changes based on matter element analysis in small watershed

CHEN Jun-Hua^{1,2}, MU Chang-Long^{2,*}, CHEN Xiu-Ming², XIANG Cheng-Hua², LUO Cheng-Rong², HAN Hua-Bai², CHEN Guo-Xian³, DU Yan-Jun³ (1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 3. Xihua University, Chengdu 611744, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2093 ~ 2100.

Abstract: The agricultural land suitability assessment based on natural characteristics of land blocks is traditionally the basis of agricultural and/or land use planning. However the assessment is static and can not incorporate potential land use changes. A dynamic approach emerging recently, i.e., matter element based analysis, has provided an effective way for land use planning. Taking the suitability grade of land use, assessment indicators and their characteristic values as matter elements, this paper established a matter element analysis model for land use suitability assessment, using of supra field, controlled field, weight value and relating degree from field survey and expert system. This model was then applied in Yuejiagou small watershed of Langzhong Municipality in Sichuan Province, the results show that the proportion among agriculture, forestry and animal husbandry is tending to appropriateness; the economic and ecological indices of the lands has been increased from 1529.80 and 1460.94 to 1719.99 and 1758.21 respectively after regulation. The regulation also results in changes in the landscape patterns. The indices of diversity

基金项目: 国家“九五”科学技术攻关资助项目(96-007-02-01-04); 国家“十五”科学技术攻关资助项目(2001BA510B-01-05)

收稿日期: 2005-11-11; **修订日期:** 2006-01-16

作者简介: 陈俊华(1972~), 男, 四川仁寿人, 工程师, 主要从事计算机及 GIS 在森林生态方面的应用. E-mail: chenjh-2005@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mucl2006@yahoo.com.cn

Foundation item: The project was supported by the Key Project of “9 Five-year” Program(No. 96-007-02-01-04) and the Key Project of “10 Five-year” Program(No. 2001BA510B-01-05)

Received date: 2005-11-11; **Accepted date:** 2006-01-16

Biography: CHEN Jun-Hua, Engineer, mainly engaged in the application of computer and GIS in forest ecology. E-mail: chenjh-2005@yahoo.com.cn

and evenness of landscape patterns have increased from 1.3028 and 0.6108 to 2.0920 and 0.8463 respectively, or by 60.58% and 38.56% respectively. However, the indices of dominance and contagion have decreased from 0.6431 and 0.7467 to 0.2106 and 0.7125 respectively. It is indicated that the land use in the small watershed tends to be reasonable; the spatial distribution of patches trends to be uniformed; patch congregation is gradually dispersed. This example has proven that the matter element analysis approach can not only overcome the man-made influences and improve the precision, but also can implement the exact regulation to the specific patches in the structure regulation of land use in small watershed.

Key words: human-land interaction; agro-pastoral interweaving belt; desertification; vicious circle; ecological pitfall.

利用地块或地域的自然特征进行农业的适宜性评价,已经是农业区划与土地利用总体规划中的重要内容。但这种评价是静态的,结论也是凝固的。而土地利用调整的核心是以地块、地域的现在用途转变为其他的目标用途,重点是要揭示用途调整的可能性与条件^[1]。针对传统农地适宜性评价的如上缺陷,提出利用“物元分析”技术来进行土地的多用途适宜性评价。物元分析是我国学者蔡文于 20 世纪 80 年代提出来的全新的处理系统状态转换的一种数学哲学方法,备受诺贝尔经济奖得主西录的称赞。近年来,我国学者利用物元分析在气象、土地质量综合评价^[2-7]等方面做了研究,取得了一定的成果,但在土地利用及农林结构调整上的应用,尚未进行探索。

本文以极具代表性的川中丘陵县四川省阆中市岳家沟小流域为例,探讨了“物元分析”法在小流域土地利用适宜性评价以及农林结构调整上的应用,并对调整前后土地利用的生态效益、经济效益值以及景观格局的变化情况进行了对比分析,具有一定的指导意义。

1 研究区概况^[1]

四川省阆中市埡口乡岳家沟小流域,是川中丘陵县具代表性的小流域,东经 105°52'30"~105°54'23",北纬 31°35'00"~31°36'40",总面积约 3.0km²,整个流域自东北向西南方向倾斜,海拔最高为 665.6m,最低为 373.2m,相对高差 294.4m。流域的气候属典型的亚热带湿润气候,四季分明,热量丰富,年均温度 16.6℃,年均降水量 955.8mm。由于降水的时空分布不均,风多、蒸发量大,加之水利设施较差,对降水的调蓄能力弱,历年都有不同程度的干旱威胁。土壤为紫色沙土,土层瘠薄。植被主要以人工柏木林和桉柏混交林为主。

从岳家沟小流域土地利用调整前(1996)的现状(表 1)可以看出,该区土地利用结构不合理。农业用地占较大比重(57.56%),农业用地中又以旱地为主(36.18%),水田所占比例偏小(14.86%)。林业用地

尽管占比例较大(41.27%),但林种结构不合理,主要以薪炭林为主(38.26%),商品林与防护用材林面积偏小(分别占全区总面积的 0.01%、2.99%)。水域面积只有 3.31hm²,仅占全区总面积的 1.18%。由此可见,该区农林牧比例失调,加上水源缺乏,导致了该区经济落后、人民生活水平低下、水土流失严重、灾害频率高。

本区要改变以粮食为中心的传统种养农业模式,告别农村恶化生态环境的越垦越穷模式,必须真正把发展林业与改善生态环境放到首位来切切实实抓好水源与高产水田建设,抓好土地利用与林种结构调整,抓好中心林业建设。而进行土地利用与林种结构调整,应根据“地尽其利”的原则,具体落实到一个地块的用途与林种调整上,因此,选定地块(小斑)为调整单元(岳家沟小流域共有 254 个)。

表 1 岳家沟土地利用现状(1996)

项目 Item	土地利用现状 Current situation of land use	面积 Area(hm ²)	比例 Rate(%)
耕地 Cultivated field	水田 Paddy field	41.7	14.86
	旱地 Dry land	101.51	36.18
	农林间作 Crop-tree intercropping field	18.28	6.51
	小计 Subtotal	161.5	57.56
林地 Woodland	公益林 Non-commercial forest	—	—
	商品林 Commercial forest	0.04	0.01
	防护薪炭林 Protection forest and fuelwood	107.37	38.27
	防护用材林 Protection and timber forest	8.38	2.99
	小计 Subtotal	115.29	41.09
水域 Streams		3.31	1.18
草坡 Grassland		—	—
总计 Total		280.59	100.00

2 研究方法

2.1 物元分析法^[1,3,8]

2.1.1 物元分析的基本概念 给定事物的名称 N , 它关于特征 C 的量值为 v , 以有序三元 $R = (N, c, v)$ 组作为描述事物的基本元, 简称物元。事物名称 N , 特征 C 和量值 v 称为物元的三要素。如果事物 N 有多个特征, 它以 n 个特征 c_1, c_2, \dots, c_n 和相应的量值 v_1, v_2, \dots, v_n 描述, 则表示为:

$$R = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{ccc} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & K & K \\ & c_n & v_n \end{array} \right| = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{c} R_1 \\ R_2 \\ K \\ R_n \end{array} \right| \end{array}$$

式中, R 为 n 维物元, 简记为 $R = (N, C, V)$ 。

2.1.2 经典域与节域物元矩阵 当 N_0 为标准事物, 关于特征 c_i 量值范围 $v_{0i} = \langle a_{0i}, b_{0i} \rangle$ 时, 经典域的物元矩阵可表示为:

$$R_0 = (N_0, C, V_0) = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{ccc} N_0 & c_1 & \langle a_{01}, b_{01} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{02}, b_{02} \rangle \\ & K & K \\ & c_n & \langle a_{0n}, b_{0n} \rangle \end{array} \right| \quad (1)$$

若由标准事物 N_0 加上可转化为标准的事物所组成的物元 R_p 称为节域物元。而 $v_{pi} = \langle a_{pi}, b_{pi} \rangle$ 为节域物元关于特征 c_i 的比相应标准扩大了量值范围。节域物元矩阵表示为:

$$R_p = (N_p, C, V_p) = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{ccc} N_p & c_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & K & K \\ & c_n & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{array} \right| \quad (2)$$

显然, 这里有 $\langle a_{0i}, b_{0i} \rangle \subset \langle a_{pi}, b_{pi} \rangle (i = 1, 2, \dots, n)$ 。

2.1.3 关联函数及关联度的计算 关联函数表示物元的量值取值为实轴上一点时, 物元符合要求的范围程度。由于可拓集合的关联函数可用代数式来表达, 就使得解决不相容问题能够定量化。令有界区间 $X_0 = [a, b]$ 的模式定义为:

$$|X_0| = |b - a| \quad (3)$$

某一点 X 到区间 $X_0 = [a, b]$ 的距离为:

$$\rho(X, X_0) = \left| X - \frac{1}{2}(a + b) \right| - \frac{1}{2}(b - a) \quad (4)$$

则关联函数 $k(x)$ 的定义为:

$$K(x_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(X, X_0)}{|X_0|} & X \in X_0 \\ \frac{\rho(X, X_0)}{\rho(X, X_p) - \rho(X, X_0)} & X \notin X_0 \end{cases} \quad (5)$$

式中, $\rho(x, x_0)$ 表示点 X 与有限区间 $X_0 = [a, b]$ 的距离; $\rho(x, x_p)$ 表示点 X 与有限区间 $X_p = [a_p, b_p]$ 的距离, X, X_0, X_p 分别表示待评物元的量值、经典域物元的量值范围和节域物元的量值范围。

2.1.4 评价标准 关联函数 $K(x)$ 的数值表示评价单元符合某标准范围的隶属程度。当 $K(x) \geq 1.0$ 时, 表示被评价对象超过标准对象上限, 数值愈大, 开发潜力愈大; 当 $0 \leq K(x) \leq 1.0$ 时, 表示被评价对象符合标准对象要求的程度, 数值愈大, 愈接近标准上限; 当 $-1.0 \leq K(x) \leq 0$ 时, 表示被评价对象不符合标准对象要求, 但具备转化为标准对象的条件, 且值愈大, 愈易转化; 当 $K(x) \leq -1.0$ 时, 表示被评价对象不符合标准对象要

求,且又不具备转化为标准对象的条件。

2.1.5 事物的综合关联度和质量等级评定 待评事物 N_x 关于等级 j 的综合关联度 $K_j(N_x)$ 为:

$$K_j(N_x) = \sum_{i=1}^n a_i K_j(x_i) \quad (6)$$

式中, $K_j(N_x)$ 为待评事物关于各等级 j 的综合关联度; $K_j(X_i)$ 为待评事物关于各等级的关系度 ($j = 1, 2, \dots, n$); a_i 为各评价指标的权系数。若

$$K_{j_0} = \max(k_j(N_x)) \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

则评定事物 N_x 属于等级 j_0 。

2.2 景观评价基础数据的获取及景观格局评价指标

2.2.1 景观评价基础数据的获取 采用 1996 年(调整前)、2002 年(调整后)1:5000 土地利用现状图,以地形图作为底图,根据二类调查小班调汇资料,将图件扫描后,在 Mapinfo 6.5 中进行图像的配准及矢量化,形成各斑块类型的矢量数据库,测定各斑块的面积信息和周长信息,然后在 Excel 2002 中进行统计分析和景观评价指标的计算。

2.2.2 景观格局评价指标^[9-16] 选用景观多样性指数、景观优势度、景观均匀度、景观破碎度、蔓延度等 5 个景观格局评价指标来进行分析研究。

3 结果与分析

3.1 岳家沟小流域土地利用适宜性评价物元分析

3.1.1 小斑特征值的选取和度量 根据岳家沟土地利用特征以及现有资料,并征求各有关部门专家和技术人员的意见,在土地利用结构调整中,共考虑了 7 项特征。其中,定量特征有坡度($0 \sim 5^\circ$ 、 $5 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 25^\circ$ 、 $26 \sim 35^\circ$ 、 $> 35^\circ$)、台土宽($0 \sim 5\text{m}$ 、 $6 \sim 10\text{m}$ 、 $11 \sim 20\text{m}$ 、 $> 21\text{m}$)、土层厚($0 \sim 30\text{m}$ 、 $31 \sim 80\text{m}$ 、 $> 80\text{m}$)、土 A 层厚度($0 \sim 5\text{m}$ 、 $5 \sim 10\text{m}$ 、 $> 10\text{m}$);定性特征有坡位(山脊、上坡、中坡、下坡、山麓)、水源(无灌溉、蓄水灌、提灌、自流灌)、交通(无路、人行小道、机耕道、乡公路、县道)。

3.1.2 土地利用适宜性评价的物元模型 提取现有土地空间信息,通过 Mapinfo 6.5 软件平台,建立岳家沟小流域土地利用矢量化专题地图。根据 2001 年 5 月在岳家沟小流域进行的实地调查资料,参照(1)式,给出岳家沟内 254 个小斑的物元表达式。如第 10 号小斑的物元表达式为:

$$R_{10\text{号小斑}} = \begin{array}{|l} 10 \quad \text{坡度} \quad 12 \\ \quad \quad \quad \text{坡位} \quad \text{上坡} \\ \quad \quad \quad \text{台土宽} \quad 15 \\ \quad \quad \quad \text{土厚} \quad 40 \\ \quad \quad \quad \text{土 A 层厚} \quad 8 \\ \quad \quad \quad \text{水源} \quad \text{无灌溉} \\ \quad \quad \quad \text{交通} \quad \text{机耕道} \end{array}$$

3.1.3 各特征值的节域与经典域 当土地 N 关于特征 C 的量值在某个范围 V_0 内变换时,土地的根本性质无改变;而 C 的量值超过 V_0 后,土地的性质已发生质的改变。这个范围就是土地的节域 J 。从土地结构调整角度看,适宜性可分为三级,即最适宜、较适宜、不适宜。例如,对拟作耕地的地块而言,坡度特征的节域就是 $< 5^\circ$ 、 $5 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 25^\circ$ 三级。为了计算方便和统一,采用标准化评分法(规定各特征的节域均为 $1 \sim 100$,各属性值为整数),以消除不同特征量纲与尺度的不一致,使各特征之间具有一定的可比性。经咨询专家和查询资料后,确定每一特征在节域($1 \sim 100$)内的经典域(表 2)。

3.1.4 各特征值的权重设计 关于评价因子的权重计算方法很多,如主成分法、层次分析法(AHP)等。本研究采用特尔菲(Delphi)法结合层次分析法(AHP)^[17],由 7 位专家参与综合得出 7 项特征值的权重(表 3)。

3.1.5 土地利用适宜性物元评判结果 运用包含上述 7 项特征值、经典域和权重等属性参数在内的土地利

表2 各特征值的经典域

Table 2 Sutra field of various factors

类型 Type	坡度 Slope	坡位 Slope position	台土宽 Step soil width	土厚 Soil thickness	土 A 层厚 A layer thickness of soil	水源 Waterhead	交通 Traffic	
I	A	80~99	60~99	11~50	81~100	10~50	75~99	40~99
	B	60~79	40~59	6~10	31~80	5~10	2574	20~39
	C	1~59	1~40	1~5	1~31	1~5	1~24	1~19
II	A	60~99	60~99	11~50	81~100	10~50	50~99	10~79
	B	40~59	20~39	6~10	31~80	510	25~49	2~9
	C	1~39	1~20	1~5	1~31	1~5	1~24	1~2
III	A	60~99	60~99	11~50	81~100	10~50	50~99	10~79
	B	40~59	20~39	6~10	31~80	510	25~49	2~9
	C	1~39	1~20	1~5	1~31	1~5	1~24	1~2
IV	A	40~99	1~99	3~50	31~100	5~50	25~49	2~50
	B	3~39	60~79	1~3	5~31	2~5	5~24	1~2
	C	1~2	1~10	1~1	1~5	1~2	1~5	1~2
V	A	40~99	40~99	3~20	31~100	5~50	25~49	1~2
	B	20~39	20~60	1~3	5~31	2~5	5~24	1~2
	C	1~19	1~10	1~1	1~5	1~2	1~5	1~2
VI	A	60~99	60~99	6~50	5~100	2~50	50~99	3~99
	B	2~39	20~60	1~5	3~5	1~2	25~24	1~2
	C	1~2	1~20	1~1	1~3	1~2	1~24	1~2
VII	A	40~99	10~99	11~50	5~100	2~50	50~99	70~99
	B	2~39	5~9	1~10	3~5	1~2	25~40	30~60
	C	1~2	1~4	1~1	1~3	1~2	1~24	1~29

I. 水田 Paddy field, II. 旱地 Dry land, III. 农林间作地 Crop-tree intercropping field, IV. 林地 Woodland, V. 草地 Grassland, VI. 水域 Streams, VII. 建设用地 Construction land. A. 最适宜 Optimum, B. 较适宜 Preferable, C. 不适宜 Unsuitable

表3 各特征值的权重

Table 3 Weight value of various factors

类型 Type	坡度 Slope	坡位 Slope position	台土宽 Step soil width	土厚 Soil thickness	土 A 层厚 A layer thickness of soil	水源 Waterhead	交通 Traffic
I	21.0	13.0	15.0	13.0	4.0	21.0	3.0
II	10.0	15.0	13.0	19.0	9.0	13.0	3.0
III	10.0	15.0	13.0	19.0	9.0	13.0	3.0
IV	9.0	7.0	3.0	9.0	9.0	5.0	1.0
V	9.0	9.0	3.0	7.0	7.0	7.0	1.0
VI	9.0	7.0	5.0	3.0	3.0	21.0	1.0
VII	13.0	5.0	7.0	3.0	3.0	13.0	5.0

用属性数据库,以小斑号为关键字段,将特征值表和岳家沟土地利用空间数据库相关联。以土地利用类型为关键字段,将经典域表和权重表相关联(为了方便计算林地的经济效益指数和生态效益指数,将林地细分为公益林地、商品林地、防护薪炭林地、防护用材林地等4类)。根据(5)式计算各特征值关联度,根据(7)式计算地块适宜性,根据计算得到的 $K(N_x)$ 值确定地块的最终适宜度,计算结果见表4。

3.1.6 岳家沟小流域土地利用结构调整 上述物元评判对每个地块(小斑)最适宜用途与次适宜用途的结论,为编制岳家沟小流域土地利用及林种结构调整规划提供了“地尽其利”的确切依据。对其评判结果,由7名专家组成的专家组在地块图上以地块最适宜、次适宜用途为基础,对每一地块(小斑)变更的用途进行可能性现场经验诊断。然后按照可能的物元变更组合(旱地→商品林;旱地→防护用材林;旱地→农林间作地;防护林→商品林;防护林→防护用材林;防护林→防护薪炭林;防护林→公益林),结合本区土地利用结构调整规划目标^[1],即:在保证粮食自足的基础上,使本区土地利用的生态效益及经济效益充分提高,采用目标逐次逼近法^[1]进行优化调整,调整结果见表5。从表5可以看出,调整后该区的农林牧比例趋于合理。防护薪炭林和旱地面积显著减少,分别减少了68.04%和68.01%。而商品林、水域、水田面积明显增加,增加率最多的是商

品林。商品林的增加有助于该区的经济发展,水域面积的增加,能够大大缓解该区的干旱程度,对该区的经济发展、生态环境的改善也能起到一定的作用。

3.1.7 岳家沟小流域土地利用结构调整效益分析

根据各类土地利用的生态效益和经济效益的计算值^[17,18],分别计算了该区的土地利用在调整前后的效益值(表6)。由表6可以看出,调整后,该区土地利用效益明显提高,生态效益指数由调整前的1460.94上升到调整后的1758.21,净增了20.35%;经济效益指数则从调整前的1529.8上升到调整后的1719.99,净增了12.43%。

3.2 岳家沟小流域土地利用景观格局变化分析

3.2.1 景观格局空间分布 该区景观格局空间分布

见表7。从表7可以看出,景观多样性指数(*H*)和景观均匀度指数(*E*)分别由调整前的1.3028和0.6108增加到调整后的2.0920和0.8463,分别增加了60.58%和38.56%,调整后的多样性指数与最大多样性指数的偏差(9.15%)明显比调整前(33.05%)减小。这有利不同景观组合形成一种互利合作的关系,使生态系统有可能最大限度地利用能量和物质。景观优势度和蔓延度指数由调整前的0.6431和0.7467减少到调整后的0.2106和0.7125。说明景观斑块的空间分布趋于均匀,斑块的聚集状况分散化。

表4 岳家沟小流域不同适宜性地块面积

Table 4 The area of land suitability in Yuejiagou (hm²)

类型 Type	原用途 Primary use	最适宜 Optimum	次适宜 Preferable
i	—	27.59	27.59
ii	0.04	13.03	26.96
iii	107.37	32.52	34.32
iv	8.38	21.30	25.04
v	101.51	47.39	10.41
vi	18.28	56.54	7.73
vii	41.70	41.70	128.97
viii	—	21.05	—
ix	3.31	11.81	3.60
x	—	7.66	15.97
合计 Total	280.59	280.59	280.59

i. 公益林 Non-commercial forest, ii. 商品林 Commercial forest, iii. 防护薪炭林 Protection forest and fuelwood, iv. 防护用材林 Protection and timber forest, v. 旱地 Dry land, vi. 农林间作 Crop-tree intercropping field, vii. 水田 Paddy field, viii. 草坡 Grass land, ix. 水域 Streams, x. 建设用地 Construction land

表5 岳家沟小流域土地利用结构调整规划结果

Table 5 The result of structure regulation of land use in Yuejiagou

土地利用类型 Land use type	原面积(hm ²) Primary area	规划面积(hm ²) Scheming area	原比重(%) Primary rate	规划比重(%) Scheming rate
i	—	27.59	—	9.83
ii	0.04	26.96	0.01	9.61
iii	107.37	34.32	38.27	12.23
iv	8.38	25.04	2.99	8.92
v	101.51	32.47	36.18	11.57
vi	18.28	39.00	6.51	13.90
vii	41.70	71.70	14.86	25.55
viii	—	3.94	—	1.40
ix	3.31	10.58	1.18	3.77
x	—	8.99	—	3.20
合计 Total	280.59	280.59	100	100

表6 土地利用调整前后的效益值

Table 6 The value of land use before and after regulation(0~100cm)

类型 Type	生态效益指数 Indices of ecological benefit		经济效益指数 Indices of economic benefit	
	调整前 Before regulation	调整后 After regulation	调整前 Before regulation	调整后 After regulation
i	—	275.90	—	55.18
ii	0.16	107.84	0.20	134.80
iii	858.96	274.56	322.11	102.96
iv	58.66	175.28	33.52	100.16
v	101.51	32.47	609.06	194.82
vi	36.56	78.00	146.25	312.00
vii	375.30	645.30	417.00	717.00
viii	—	19.70	—	7.88
ix	29.79	95.22	1.66	5.29
x	—	53.94	—	89.90
合计 Total	1460.94	1758.21	1529.8	1719.99

3.2.2 景观破碎化分析 景观破碎度指数见表 8。

由表 8 可以看出,除了旱地的破碎度指数上升外,其他斑块的破碎度指数都下降了。其中,下降最多的是商品林,下降了 92%。这是因为,商品林面积增加了 673%,而斑块数只增加了 270%。旱地破碎度指数从 0.58 上升到 0.62,上升了 6.9%,说明人们对耕地的利用趋于复杂化。

4 结语

(1)土地的适宜性评价是农业开发和土地利用规划中的一项重要的工作。以往对土地的适宜性评价多采用 Fuzzy 综合评判法、经验指数和法、灰色聚类法以及极限条件法^[19]等,这些方法都或多或少存在不理想的地方。比如 Fuzzy 综合评判法隶属函数范围仅为^[0,1],使得指标间的一些分异信息遗漏,限制了它的运用范围,而且这些方法大部分都掺入人为因素,使其评价结果的准确性、精确性大大降低。而物元分析法的关联函数属于 $(-\infty, +\infty)$,极大地拓展了它的研究范围,能揭示更多的分异信息。物元分析法将土地利用适宜性等级、评价指标及其特征值作为物元,结合实测资料与专家系统得到模型的经典域、节域、权重、关联度,从而建立起土地利用适宜性评价的物元评判模型,不仅克服了评价过程中人为因素的影响,而且对参评因子进行量化处理,提高了土地利用适宜性评价的精度。此外,物元分析法能将小流域土地利用结构调整落实到山头、地块(小斑),做到“地尽其利”,有较强的可操作性,这也是其它规划(目标规划、线性规划等)^[20]不能比拟的。

(2)经调整后,岳家沟小流域的土地利用趋于合理,农林牧比例趋于协调,土地利用效率明显提高。生态效益指数由调整前的 1460.94 上升到调整后的 1758.21,净增了 20.35%;经济效益指数从调整前的 1529.8 上升到调整后的 1719.99,净增了 12.43%。

(3)经调整后,该区的农林景观格局发生了较大改变,商品林地、水域面积明显增加,新增斑块类型公益林地、草坡、建设用地,景观多样性指数、均匀度分别提高了 60.58%、38.56%,而优势度、蔓延度指数则下降了。说明土地利用空间分布趋于均匀,斑块聚集分布状况分散化。

References:

- [1] Yuan Z K, Lang N J, Wu Q X. Study and demonstration on the techniques of protection forest systems in the plateau, mountain and hilly areas in the Upper reach of Changjiang River. Changsha, Hu'nan, Science and Technology Press of Hu'nan, 2002. 225 ~ 251.
- [2] Wang X D, Zhong X H, Fan J R. Exploration and application of extension theory to degradation ecosystem research. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 16(6): 58 ~ 61.
- [3] Xu B G, Nie H S, Zhang X L. Application of the method of matter element analysis in the design of ecological agriculture model — A sample of the ecological agriculture model for checking wind and fixing sand in Shanxi. Chinese Journal of Ecology, 1997, 16(4): 72 ~ 76.
- [4] Men B H, Liang C. Application of matter element model for soil ecological system quantitative evaluation. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 16(6): 62 ~ 65.
- [5] Feng L H, Gong J L. Runoff production forecast for a drainage basin based on matter element analysis. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2004, 24(4): 63 ~ 66.
- [6] Li Z Y, Lin L, Deng X M. Recognition model of hail cloud based on matter elements and extension sets and its results verification. Plateau Meteorology,

表 7 景观格局空间分布

项目 Item	调整前 Before regulation	调整后 After regulation
多样性指数 H	1.3028	2.0920
最大多样指数 H_{max}	1.9459	2.3026
景观优势度 D	0.6431	0.2106
景观均匀度 E	0.6108	0.8463
蔓延度 RC	0.7467	0.7125

H : Diversity indices, H_{max} : Maximal diversity indices, D : Dominance indices, E : Evenness indices, RC : Contagion

表 8 景观破碎度

类型 Type	调整前 Before regulation	调整后 After regulation
i	—	0.91
ii	25.00	2.00
iii	0.56	0.55
iv	1.31	0.32
v	0.58	0.62
vi	4.38	1.77
vii	0.74	0.49
viii	—	1.27
ix	3.63	1.51
x	—	0.33

- 2001,20(2): 197 ~ 201.
- [7] Pan F, Liang C, Fu Q. Application of matter element model based on stratification analysis method in soil quality evaluation. *Research of Agricultural Modernization*, 2002,23(2): 93 ~ 96.
- [8] Cai W. The matter element model and its application. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1994.
- [9] Fu B J. Landscape diversity analysis and mapping. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(4): 345 ~ 350.
- [10] Zhang S R, Gong G S, Deng L J. Analysis of landscape spatial patterns in the hill region in the west of Sichuan basin. *Acta Ecologica Sinica*, 23(2): 380 ~ 386.
- [11] Zhang J T, Qiu Y, Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(4): 346 ~ 352.
- [12] Fu B J, Chen L D. Theory and application of landscape ecology. Beijing: Science Press, 2001.
- [13] Man A Q, Chen D J, Wang J H. Landscape pattern and differentiation in Longdong loess plateau based on RS and GIS. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(3): 56 ~ 59.
- [14] Wang R R, Yang G S. Changes of land use and landscape pattern in Taihu lake basin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(3): 475 ~ 480.
- [15] Wang Y L, Zhao Y B, Han D. The spatial structure of landscape ecosystems: concept, indices and case studies. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(3): 235 ~ 241.
- [16] Zhou Z Z, Cai M T, Xu Y T. Land use and landscape dynamics in a rural area. *Forest Research*, 1999, 12(6): 599 ~ 605.
- [17] Lei X Z, Wang J X, Peng P H. The benefit evaluation index of ecological forest engineering of China. *Journal of Natural Resource*, 1999, 14(2): 175 ~ 182.
- [18] Du Y J, Chen G X, Chen X M. Comprehensive benefit evaluation and analysis of 77 counties' on Yangtze River protection forest engineering (the first period) in Sichuan and Chongqing. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(1): 69 ~ 72.
- [19] Chen J F, Liu W M. An integrated evaluation of land suitability based on fuzzy set theory. *Resources Science*, 1999, 21(4): 71 ~ 74.
- [20] Hu J Z, Pang Y Z, Zheng J L. Planning on land use structure and strategy on converting cropland to forest and grassland in Datong county. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(4): 172 ~ 177.

参考文献:

- [1] 袁正科, 郎南军, 巫启新. 长江上游高原山地丘陵区防护林体系建设配套技术——研究与示范. 湖南长沙: 湖南科学技术出版社, 2002. 225 ~ 251.
- [2] 王小丹, 钟祥浩, 范建蓉. 可拓学在退化生态系统研究中的探索与应用. *水土保持学报*, 2002, 16(6): 58 ~ 61.
- [3] 徐保根, 聂宏声, 张晓玲. 物元分析法在生态农业模式设计中的应用——以山西省防风固沙生态区为例. *生态学杂志*, 1997, 16(4): 72 ~ 76.
- [4] 门宝辉, 梁川. 物元模型在土地生态系统定量评价中的应用. *水土保持学报*, 2002, 16(6): 62 ~ 65.
- [5] 冯利华, 龚建林. 基于物元分析的流域产流预报. *水土保持通报*, 2004, 24(4): 63 ~ 66.
- [6] 李祚泳, 蔺雷, 邓新民. 鸮云识别的物元可拓模型及其效果检验. *高原气象*, 2001, 20(2): 197 ~ 201.
- [7] 潘峰, 梁川, 付强. 基于层次分析法的物元模型在土壤质量评价中的应用. *农业现代化研究*, 2002, 23(2): 93 ~ 96.
- [8] 蔡文. 物元模型及其应用. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- [9] 傅伯杰. 景观多样性分析及其制图研究. *生态学报*, 1995, 15(4): 345 ~ 350.
- [10] 张世熔, 龚国淑, 邓良基. 川西丘陵区景观空间格局分析. *生态学报*, 2003, 23(2): 380 ~ 386.
- [11] 张金屯, 邱扬, 郑凤英. 景观格局的数量研究方法. *山地学报*, 2000, 18(4): 346 ~ 352.
- [12] 傅伯杰, 陈利顶. 景观生态学原理与应用. 北京: 科学出版社, 2001.
- [13] 马安青, 陈东景, 王建华, 等. 基于 RS 与 GIS 的陇东黄土高原土地景观格局变化研究. *水土保持学报*, 2002, 16(3): 56 ~ 59.
- [14] 万荣荣, 杨桂山. 太湖流域土地利用与景观格局演变研究. *应用生态学报*, 2005, 16(3): 475 ~ 480.
- [15] 王仰麟, 赵一斌, 韩荡. 景观生态系统的空间结构: 概念、指标与案例. *地球科学进展*, 1999, 14(3): 235 ~ 241.
- [16] 周再知, 蔡满堂, 许勇太. 乡村土地利用与景观格局动态变化研究. *林业科学研究*, 1999, 12(6): 599 ~ 605.
- [17] 雷孝章, 王金锡, 彭沛好, 等. 中国生态林业工程效益评价指标体系. *自然资源学报*, 1999, 14(2): 175 ~ 182.
- [18] 杜亚军, 陈国先, 陈秀明, 等. 川渝 77 县长防林(一期)工程的综合效益评价与分析. *生态学杂志*, 2003, 22(1): 69 ~ 72.
- [19] 陈健飞, 刘卫民. Fuzzy 综合评判在土地适宜性评价中的应用. *资源科学*, 1999, 21(4): 71 ~ 74.
- [20] 胡建忠, 庞有祝, 郑佳丽. 大通县土地利用结构规划与退耕还林还草发展方略. *水土保持研究*, 2005, 12(4): 172 ~ 177.